

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 2 9 日
Date of Application:

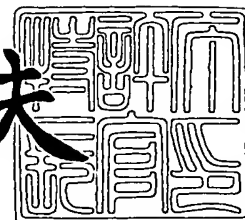
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 0 7 0 4 9
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 0 7 0 4 9]

出 願 人 信越半導体株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 3 9 2 1

【書類名】 特許願
【整理番号】 AX0331852S
【提出日】 平成15年 8月29日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 33/00
【発明者】
 【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社 半導
 体磯部研究所内
 【氏名】 萩本 和徳
【特許出願人】
 【識別番号】 000190149
 【氏名又は名称】 信越半導体株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100095751
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 菅原 正倫
 【電話番号】 052-212-1301
 【ファクシミリ番号】 052-212-1302
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 003388
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9901665

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

発光層部を有した化合物半導体層の第一主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に金属層を介して Si 基板が結合され、該金属層の前記化合物半導体層との接合面が反射面を形成するとともに、前記金属層が、前記 Si 基板からの Si が前記反射面に拡散により沸きあがることを阻止するための、Sn、Pb、In 及び Ga の 1 種又は 2 種以上からなる Si 拡散阻止成分を含有した Au 又は Ag を主成分とする Si 拡散阻止金属層を有することを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

前記 Si 拡散阻止層は、前記 Si 拡散阻止成分の含有量が 1 質量%以上 20 質量%以下であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 3】

前記 Si 拡散阻止層と前記 Si 基板との間に、該 Si 基板と前記 Si 拡散阻止層との接合抵抗を低減するための基板側接合合金化層が介挿されてなる請求項 1 又は請求項 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】

前記金属層において、前記化合物半導体層と前記 Si 拡散阻止層との間に、前記 Si 拡散阻止層よりも Si 拡散阻止成分の含有量が少ない主金属層が設けられてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 5】

前記 Si 拡散阻止層の厚さが 50 nm 以上 5 μ m 以下であることを特徴とする請求項 4 記載の発光素子。

【請求項 6】

前記 Si 拡散阻止層が Au を主成分とするものであり、前記主金属層は、前記反射面を形成する Au を主成分とする Au 系主金属層からなることを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の発光素子。

【請求項 7】

前記 Si 拡散阻止層が Au を主成分とするものであり、前記主金属層の該 Si 拡散阻止層と接する部分が Au を主成分とする Au 系結合層とされ、前記反射面を形成する部分が、Ag を主成分とする Ag 系反射層又は Al を主成分とする Al 系反射層とされてなることを特徴とする請求項 4 ないし請求項 6 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 8】

前記 Si 拡散阻止層により前記反射面が形成されてなることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 9】

発光層部を有した化合物半導体層の第一主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に金属層を介して Si 基板が結合され、該金属層の前記化合物半導体層との接合面が反射面を形成する発光素子の製造方法であって、

前記金属層を、前記 Si 基板からの Si が前記反射面に拡散により沸きあがることを阻止するための、Sn、Pb、In 及び Ga の 1 種又は 2 種以上からなる Si 拡散阻止成分を含有した Au 又は Ag を主成分とする Si 拡散阻止金属層を有するものとして形成し、該金属層を介して前記 Si 基板と前記化合物半導体層とを貼り合わせることを特徴とする発光素子の製造方法。

【請求項 10】

前記 Si 基板と前記化合物半導体層とを前記金属層を介して重ね合わせ、その状態で貼り合わせ熱処理することにより、前記 Si 基板と前記化合物半導体層とを貼り合わせることを特徴とする請求項 9 記載の発光素子の製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】発光素子及び発光素子の製造方法

【技術分野】

【0001】

この発明は発光素子及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

【特許文献1】特開平7-66455号公報

【特許文献2】特開2001-339100号公報

【0003】

発光ダイオードや半導体レーザー等の発光素子に使用される材料及び素子構造は、長年にわたる進歩の結果、素子内部における光電変換効率が理論上の限界に次第に近づきつつある。従って、一層高輝度の素子を得ようとした場合、素子からの光取出し効率が極めて重要となる。例えば、AlGaInP混晶により発光層部が形成された発光素子は、薄いAlGaInP（あるいはGaInP）活性層を、それよりもバンドギャップの大きいn型AlGaInPクラッド層とp型AlGaInPクラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。このようなAlGaInPダブルヘテロ構造は、AlGaInP混晶がGaAsと格子整合することを利用して、GaAs単結晶基板上にAlGaInP混晶からなる各層をエピタキシャル成長させることにより形成できる。そして、これを発光素子として利用する際には、通常、GaAs単結晶基板をそのままSi基板として利用することも多い。しかしながら、発光層部を構成するAlGaInP混晶はGaAsよりもバンドギャップが大きいいため、発光した光がGaAs基板に吸収されて十分な光取出し効率が得られにくい難点がある。この問題を解決するために、半導体多層膜からなる反射層を基板と発光素子との間に挿入する方法（例えば特許文献1）も提案されているが、積層された半導体層の屈折率の違いを利用するため、限られた角度で入射した光しか反射されず、光取出し効率の大幅な向上は原理的に期待できない。

【0004】

そこで、特許文献2をはじめとする種々の公報には、成長用のGaAs基板を剥離する一方、補強用のSi基板（導電性を有するもの）を、反射用のAu層を介して剥離面に貼り合わせる技術が開示されている。このAu層は反射率が高く、また、反射率の入射角依存性が小さい利点がある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記の方法では、反射層をなすAu層を発光層部に貼り合わせる際に、剥離や反射率の低下といった不具合が生じやすい問題があった。本発明の課題は、金属層を介して発光層部とSi基板とを貼り合せた構造を有し、かつ、貼り合せ強度や反射率の低下などが生じにくい構造の発光素子と、その製造方法とを提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0006】

上記の課題を解決するために、本発明の発光素子は、

発光層部を有した化合物半導体層の第一主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に金属層を介してSi基板が結合され、該金属層の化合物半導体層との接合面が反射面を形成するとともに、金属層が、Si基板からのSiが反射面に拡散により沸きあがることを阻止するための、Sn、Pb、In及びGaの1種又は2種以上からなるSi拡散阻止成分を含有したAu又はAgを主成分とするSi拡散阻止金属層を有する。なお、本明細書において「主成分」とは、最も質量含有率の高い成分のことをいう。

【0007】

また、本発明の発光素子の製造方法は、発光層部を有した化合物半導体層の第一主表面

を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に金属層を介してSi基板が結合され、該金属層の化合物半導体層との接合面が反射面を形成する発光素子の製造方法であって、

金属層を、Si基板からのSiが反射面に拡散により沸きあがることを阻止するための、Sn、Pb、In及びGaの1種又は2種以上からなるSi拡散阻止成分を含有したAu又はAgを主成分とするSi拡散阻止金属層を有するものとして形成し、該金属層を介してSi基板と化合物半導体層とを貼り合わせることを特徴とする。

【0008】

上記本発明の発光素子の構造によると、金属層を介してSi基板と化合物半導体層とを貼り合わせる際に、Si基板から金属層へのSi拡散がSi拡散阻止層によりブロックされ、ひいてはSi拡散による金属層の変質を効果的に阻止することができる。その結果、金属層が形成する反射面の反射率低下や、金属層と化合物半導体層との密着強度低下などといった不具合が効果的に阻止される。

【0009】

Si拡散阻止層はAu又はAgを主成分とし、これにSn、Pb、In及びGaの1種又は2種以上からなるSi拡散阻止成分を含有させたものである。Si拡散阻止成分をなす上記の4元素は、固体状態ではSi原子との間に強い斥力ポテンシャルを生じ、状態図からも明らかなようにSiへの固溶限もほとんどゼロに近く、Si拡散を阻害する効果が顕著である。従って、Au又はAgの単体では、後述する貼り合わせ温度（100℃以上500℃以下）でのSiに対する拡散係数が比較的大きいにもかかわらず、上記Si拡散阻止成分を適量添加することにより、Siの拡散係数を大幅に縮小することができる。

【0010】

シリコン基板と化合物半導体層との結合力を強化したい場合は、シリコン基板と化合物半導体層とを金属層を介して重ね合わせ、その状態で貼り合わせ熱処理することが有効であるが、Si拡散阻止層を設けておけば、このような熱処理を行った場合においても、Si基板から金属層へのSi拡散を効果的に阻止できる。

【0011】

Si拡散阻止層は、Si拡散阻止成分の含有量が1質量%以上20質量%以下であることが望ましい。Si拡散阻止成分の含有量が1質量%未満ではSi拡散阻止効果に乏しく、20質量%を超えると効果が飽和する他、脆い金属間化合物の形成が顕著となり、シリコン基板と化合物半導体層との貼り合わせ強度の低下につながる場合がある。

【0012】

なお、Si拡散阻止層と前記Si基板との間には、該Si基板とSi拡散阻止層との接合抵抗を低減するための基板側接合合金化層を介挿することができる。また、金属層には、化合物半導体層とSi拡散阻止層との間に、Si拡散阻止層よりもSi拡散阻止成分の含有量が少ない主金属層を設けることができる。Si拡散阻止成分の添加は、Si基板からのSi拡散阻止を目的としたものであり、例えば金属層を介したシリコン基板と化合物半導体層との貼り合わせ性や、金属層の反射率確保といった観点からは、Si拡散阻止成分の添加量をより抑制した方が望ましい場合がある。そこで、Si拡散阻止層とは別に、Si拡散阻止成分の添加を阻止した主金属層を化合物半導体層側に設けることにより、Si拡散阻止成分による貼り合わせ強度や反射率への弊害を排除することができる。

【0013】

上記のような主金属層を設ける場合は、Si拡散阻止層の厚さを50nm以上5μm以下に調整することが望ましい。厚さが50nm未満では拡散防止効果が十分でなくなり、5μmを超えると効果が飽和して、製造コストの無駄な高騰につながる。

【0014】

Si拡散阻止層を、Auを主成分とするものとして構成する場合、上記の主金属層は、反射面を形成するAuを主成分とするAu系主金属層とすることができる。Au系層は化学的に安定であり、酸化等による反射率劣化を生じにくいので、反射面の形成材質として好適である。しかし、SiとAuとは比較的低温で共晶反応を起しやすく（Au-Si二

元系の共晶温度は363℃であるが、それ以外の合金成分が介在するとさらに共晶温度が低下することもありえる）、貼り合せ熱処理時における基板側のSiのAu系層側への拡散も進みやすい。その結果、金属層中のAu系層は該Si拡散による反射率低下を極めて招きやすい。しかしながら、本発明のごとく、反射面をなすAu系主金属層とSi基板との間にSi拡散阻止層を設けておくと、Au系主金属層へのSiの拡散が阻止され、反射率低下を効果的に防止することができる。

【0015】

一方、Si拡散阻止層を、Auを主成分とするものとし、主金属層の該Si拡散阻止層と接する部分を、Auを主成分とするAu系結合層とし、反射面を形成する部分を、Agを主成分とするAg系反射層又はAlを主成分とするAl系反射層とすることもできる。Ag系層はAu系層と比べて安価であり、しかも可視光の略全波長域（350nm以上700nm）に渡って良好な反射率を示すので、反射率の波長依存性が小さい。その結果、素子の発光波長によらず高い光取出効率を実現できる。またAlのような金属と比較すれば、酸化皮膜等の形成による反射率低下も生じにくい。

【0016】

図6は、鏡面研磨した種々の金属表面における反射率を示すものであり、プロット点「■」はAgの反射率を、プロット点「△」はAuの反射率を、プロット点「◇」はAlの反射率（比較例）である。また、プロット点「×」はAgPdCu合金である。Agの反射率は、350nm以上700nm以下（また、それより長波長側の赤外域）、特に、380nm以上700nm以下にて、可視光の反射率が特に良好である。

【0017】

他方、Auは有色金属であり、図6に示す反射率からも明らかなように、波長670nm以下の可視光域に強い吸収があり（特に650nm以下：600nm以下ではさらに吸収が大きい）、発光層部のピーク発光波長が670nm以下に存在する場合に反射率低下が著しくなる。その結果、発光強度が低下しやすいほか、取り出される光のスペクトルが、吸収により本来の発光スペクトルとは異なるものとなり、発光色調の変化も招きやすくなる。しかしながら、Agは、波長670nm以下の可視光域においても反射率は極めて良好である。すなわち、発光層部のピーク発光波長が670nm以下（特に650nm以下、さらには600nm以下）である場合、Au系金属よりもはるかに高い光取出し効率を実現できる。他方、図6に示すように、Alの反射率においても吸収ピークは生じないが、酸化皮膜形成による反射率低下があるため、可視光域での反射率は多少低い値（例えば85～92%）に留まっている。しかし、Ag系金属は酸化皮膜が形成されにくいいため、Alよりも高い反射率を可視光域に確保できる。具体的には、波長400nm以上（特に450nm以上）においてAlよりも良好な反射率を示していることがわかる。上記のようなピーク発光波長を有する発光層部は、例えば $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ ）又は $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$ （ $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x + y \leq 1$ ）により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成することができる。

【0018】

一方、金属層は、Si拡散阻止層により反射面を形成することもできる。これにより、Si拡散阻止層とは別に主金属層を設ける構成と比較して、金属層全体の構成ひいては製造工程を大幅に簡略化することができる。特に、金属層の全体を単一のSi拡散阻止層として構成すれば構造及び製造工程の簡略化効果はより顕著である。この場合、Si拡散阻止層中のSi拡散阻止成分の含有量が過剰になると、該Si拡散阻止層により形成される反射面に反射率低下が著しくなるので、Si拡散阻止成分の含有量は10質量%以下であることが望ましい。

【発明の実施の形態】

【0019】

以下、本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態である発光素子100を示す概念図である。発光素子100は、Si基板をなす導電性基板であるn型Si単結晶よりなるSi基板7の第一主表面上に金属層10を介して発光層部24が貼り合わされた構造を有してなる。発光層部24は、ノンドープ($(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$, $0.45 \leq y \leq 0.55$) 混晶からなる活性層5を、第一導電型クラッド層、本実施形態ではp型($(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ (ただし $x < z \leq 1$) からなるp型クラッド層6と、前記第一導電型クラッド層とは異なる第二導電型クラッド層、本実施形態ではn型($(Al_zGa_{1-z})_yIn_{1-y}P$ (ただし $x < z \leq 1$) からなるn型クラッド層4とにより挟んだ構造を有し、活性層5の組成に応じて、発光波長を、緑色から赤色領域(発光波長(ピーク発光波長)が550nm以上670nm以下)にて調整できる。発光素子100においては、金属電極9側にp型AlGaInPクラッド層6が配置されており、金属層10側にn型AlGaInPクラッド層4が配置されている。なお、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行わない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有(例えば $10^{13} \sim 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度を上限とする)をも排除するものではない。

【0020】

また、発光層部24のSi基板7に面しているのと反対側の主表面上には、AlGaAsよりなる電流拡散層20が形成され、その主表面の略中央に、発光層部24に発光駆動電圧を印加するための金属電極(例えばAu電極)9が、該主表面の一部を覆うように形成されている。電流拡散層20の主表面における、金属電極9の周囲の領域は、発光層部24からの光取出領域をなす。また、Si単結晶基板7の裏面にはその全体を覆うように金属電極(裏面電極:例えばAu電極である)15が形成されている。金属電極15がAu電極である場合、金属電極15とSi単結晶基板7との間には基板側接合合金化層として、AuSb合金とSiとを合金化したAuSb接合合金化層16が介挿される。なお、接合合金化層はSi基板との合金化により接触抵抗低減が可能なものであれば、特に材質は限定されない。例えば、Si基板としてp型Si基板を用いることも可能であるし、この場合は、AuBe接合合金化層等を用いるのがよい。また、n型Si基板を用いる場合も、接合合金化層の材質はAuSb合金に限られるものではない。

【0021】

Si単結晶基板7は、Si単結晶インゴットをスライス・研磨して製造されたものであり、その厚みは例えば100 μm 以上500 μm 以下である。そして、発光層部24に対し、金属層10を挟んで貼り合わされている。金属層10は、本実施形態では後述のSi拡散抑制層10dと主金属層10mとからなる。

【0022】

発光層部24と金属層10との間には、発光層部側接合合金化層としてAuGeNi接合合金化層32(例えばGe:15質量%、Ni:10質量%、残部AuよりなるAuGeNi接合金属層を発光層部24側の化合物半導体と合金化したものである)が形成されており、素子の直列抵抗低減に貢献している。AuGeNi接合合金化層32は、金属層10の主表面上に分散形成され、その形成面積率は1%以上25%以下である。また、Si単結晶基板7と金属層10との間には、Si単結晶基板7の第一主表面と接する形で、基板側接合合金化層としてのAuSb接合合金化層31(例えばSb:5質量%、残部AuよりなるAuSb合金を、基板7をなすSiと合金化したものである)が形成されている。ここでも、接合合金化層の材質はAuSb合金に限られるものではない。

【0023】

そして、該AuSb接合合金化層31の全面が、金属層10の一部をなすSi拡散阻止層10dにより覆われている。該Si拡散阻止層10dは、Auを主成分としてSn、Pb、In及びGaの1種又は2種以上からなるSi拡散阻止成分を、1質量%以上20質量%以下の範囲にて含有した合金層であり、厚さは50nm以上5 μm 以下(本実施形態ではAu-Sn合金(Sn含有量:例えば5質量%)であり、厚さは600nm)である。そして、該Si拡散阻止層10dの全面を覆う形で、これと接するように主金属層10

m (金属層10の一部をなすものである) が配置されている。主金属層10mは反射面を形成し、発光層部24からの光は、光取出面側に直接放射される光に、主金属層10mによる反射光が重畳される形で取り出される。なお、本実施形態において主金属層10mは、純AuもしくはAu含有率が95質量%以上のAu合金よりなるAu系主金属層とされている。主金属層10mの厚さは、反射効果を十分に確保するため、80nm以上とすることが望ましい。また、主金属層10mの厚さの上限には制限は特にないが、反射効果が飽和するため、コストとの兼ね合いにより適当に定める (例えば10 μ m程度)。

【0024】

なお、Si単結晶基板7と金属層10との間、及びSi単結晶基板7と裏面側の電極15との間に設けられる接合金属層31、16は、前述のごとくAuSb合金に限られず、例えばAuSn合金で構成することもできる。特に、金属層10との間の接合金属層31をAuSn合金で構成した場合、接合金属層31自体がSi単結晶基板7側から金属層10側へのSi拡散を抑制する機能を発揮する場合がある。この場合、AuSn合金からなる接合金属層31とは別に、上記のようにAuSn合金によるSi拡散阻止層10dを設けることで、金属層10側へのSi拡散抑制効果がさらに改善されることとなる。他方、接合金属層31がAuSb合金などSn (さらには、In、Ga) を含有しない合金で構成される場合は、接合金属層31にSi拡散抑制効果を期待することはできないので、Si拡散阻止層10dを新たに設けることが必須である (該Si拡散阻止層10dは、もちろん、AuSn合金で構成できる)。

【0025】

以下、図1の発光素子100の製造方法について説明する。

まず、図2の工程1に示すように、発光層成長用基板をなす半導体単結晶基板であるGaAs単結晶基板1の主表面に、p型GaAsバッファ層2を例えば0.5 μ m、AlAsからなる剥離層3を例えば0.5 μ m、さらにp型AlGaAsよりなる電流拡散層20を例えば5 μ m、この順序にてエピタキシャル成長させる。また、その後、発光層部24として、1 μ mのp型AlGaInPクラッド層6、0.6 μ mのAlGaInP活性層 (ノンドープ) 5、及び1 μ mのn型AlGaInPクラッド層4を、この順序にてエピタキシャル成長させる。

【0026】

次に、工程2に示すように、発光層部24の第二主表面に、AuGeNi接合金属層を分散形成し、350℃以上500℃以下の温度域で合金化熱処理を行なうことによりAuGeNi接合金属層32とする。該AuGeNi接合金属層32を覆うように第一Au系層10aを形成する。他方、工程3に示すように、別途用意したSi単結晶基板7 (n型) の両方の主表面に、例えばAuSb接合金属層を形成し、100℃以上500℃以下の温度域で合金化熱処理を行なうことにより、AuSb接合金属層31、16とする。そして、AuSb接合金属層31上には、Au-Sn合金からなるSi拡散阻止層10d (厚さ: 例えば600nm) 及び第二Au系層10bをこの順序にて形成する。また、AuSb接合金属層16上には裏面電極層15 (例えばAu系金属よりなるもの) を形成する。以上の工程で各金属層は、スパッタリングあるいは真空蒸着等を用いて行なうことができる。

【0027】

そして、工程4に示すように、Si単結晶基板7側の第二Au系層10bを、発光層部24上に形成された第一Au系層10aに重ね合わせて圧迫して、180℃よりも高温かつ360℃以下、例えば250℃にて貼り合せ熱処理することにより、基板貼り合わせ体50を作る。Si単結晶基板7は、第一Au系層10a及び第二Au系層10bを介して発光層部24に貼り合わせられる。また、第一Au系層10aと第二Au系層10bとは上記貼り合せ熱処理により一体化してAu系主金属層10mとなる。第一Au系層10a及び第二Au系層10bが、いずれも酸化しにくいAuを主体に構成されているため、上記貼り合せ熱処理は、例えば大気中でも問題なく行なうことができる。

【0028】

さらに、第二Au系層10bとSi単結晶基板7（AuSb接合合金化層31）との間には、Au-Sn合金からなるSi拡散阻止層10dが介挿されている。上記貼り合せ熱処理時にSi単結晶基板7から第二Au系層10bに向けたSi成分の拡散が上記Si拡散阻止層10dによりブロックされ、第二Au系層10bひいては貼り合わせにより一体化したAu系金属層10m側へのSi成分の染み出しが効果的に阻止される。その結果、最終的に得られるAu系金属層10mの反射面が、Si成分拡散により汚染される不具合が防止される。また、第二Au系金属層10bを蒸着等により形成したりする際の熱履歴により、Si単結晶基板7からAuSb接合合金化金属層31を突き抜けてSiが拡散し、第二Au系金属層10bの最表面にそのSiが湧き上がることがある。この湧き上がったSiが酸化されると、第二Au系金属層10bと第一Au系金属層10aとの貼り合わせが著しく阻害される場合がある。しかし、上記のようにSi拡散阻止層10dを形成しておけば、該Siの湧き上がりひいては酸化が効果的に阻止され、両Au系金属層10a、10bによるSi単結晶基板7と発光層部（化合物半導体層）24との貼り合せ強度をより高めることができる。

【0029】

次に、工程5に進み、上記基板貼り合わせ体50を、例えば10%フッ酸水溶液からなるエッチング液に浸漬し、バッファ層2と発光層部24との間に形成したAlAs剥離層3を選択エッチングすることにより、GaAs単結晶基板1（発光層部24からの光に対して不透明である）を、発光層部24とこれに接合されたSi単結晶基板7との積層体50aから剥離・除去する。なお、AlAs剥離層3に代えてAlInPよりなるエッチストップ層を形成しておき、GaAsに対して選択エッチング性を有する第一エッチング液（例えばアンモニア／過酸化水素混合液）を用いてGaAs単結晶基板1をGaAsバッファ層2とともにエッチング除去し、次いでAlInPに対して選択エッチング性を有する第二エッチング液（例えば塩酸：Al酸化層除去用にフッ酸を添加してもよい）を用いてエッチストップ層をエッチング除去する工程を採用することもできる。

【0030】

そして、工程6に示すように、GaAs単結晶基板1の剥離により露出した電流拡散層20の第一主表面の一部を覆うように、ワイヤボンディング用の電極9（ボンディングパッド：図1）を形成する。以下、通常の方法によりダイシングして半導体チップとし、これを支持体に固着してリード線のワイヤボンディング等を行なった後、樹脂封止をすることにより最終的な発光素子が得られる。

【0031】

以上の実施形態では、Au系Si拡散阻止層10dとは別に設けた、Au系金属層10mをなす第一Au系層10a及び第二Au系層10bにより貼り合わせを行なっていたが、図3に示す発光素子200のように、第二Au系層10b'の全体をAu系Si拡散阻止層として構成し、Si拡散阻止成分の含有量が該第二Au系層10b'よりも低い第一Au系層10aと貼り合わせるようにしてもよい。この場合、第一Au系層10aのみが主金属層を形成することとなる。他方、図4に示す発光素子300のように、第一Au系層10a'もAu系Si拡散阻止層として形成し、Au系Si拡散阻止層として形成された第二Au系層10b'と貼り合わせるようにしてもよい。この場合、金属層10の全体がAu系Si拡散阻止層として構成されることとなる。なお、金属層10の反射面を含む部分をSi拡散阻止層をなすAuSn合金にて構成し、接合合金化層31もAuSn合金とする場合、接合合金化層31側は接触抵抗低減のためSnの濃度を相対的に高くし、Si拡散阻止層10d側は反射率低下抑制のためSnの濃度を相対的に低くすることができる。つまり、反射面に兼用されたSi拡散阻止層10dをなすAuSn合金のSn濃度を、接合合金化層31をなすAuSn合金のSn濃度よりも低く設定することができる。また、金属層10を構成する上記のAu系層は全てAg系層としても構成でき、これと接する接合合金化層は、Auに代えてAgを主体する接合金属層を用いて形成することができる。

【0032】

また、図1、図3及び図4の構成では、第一Au系層10a（10a'）が反射面を形

成していたが、図5の発光素子400のごとく、第一Au系層10aと発光層部24との間にAg系層又はAl系層として構成された、主金属層10の一部をなす反射層10cを介挿することもできる。この場合、第一Au系層10aと第二Au系層10bとはAu系結合層をなす。また、発光層部側接合合金化層32は、Au系接合合金化層に代え、反射層10cがAg系層の場合はAg系接合合金化層（例えばAgGeNi接合金属層を用いて形成したもの）を、また、反射層10cがAl系層の場合はAl系接合合金化層（例えばAlGeNi接合金属層を用いて形成したもの）にて構成する。反射層10cをAl系層あるいはAg系層として構成する場合は、第一Au系層10aからのAu拡散により反射面が汚染されないように、反射層10cと第一Au系層10aとの間に、Ti、Ni及びCrのいずれかを主成分とする反射層側拡散阻止層10fを設けておくことが望ましい。なお、図3～図5において、図1の発光素子100と同一の部分については共通の符号を付与して詳細な説明を省略している。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】 本発明の発光素子の第一実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図2】 図1の発光素子の製造工程の一例を示す説明図。

【図3】 本発明の発光素子の第二実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図4】 本発明の発光素子の第三実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図5】 本発明の発光素子の第四実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図6】 種々の金属における反射率を示す図。

【符号の説明】

【0034】

1 GaAs単結晶基板（発光層成長用基板）

4 n型クラッド層（第二導電型クラッド層）

5 活性層

6 p型クラッド層（第一導電型クラッド層）

7 Si単結晶基板（Si基板）

9 金属電極

10 金属層

10a 第一Au系層

10b 第二Au系層

10c 反射層

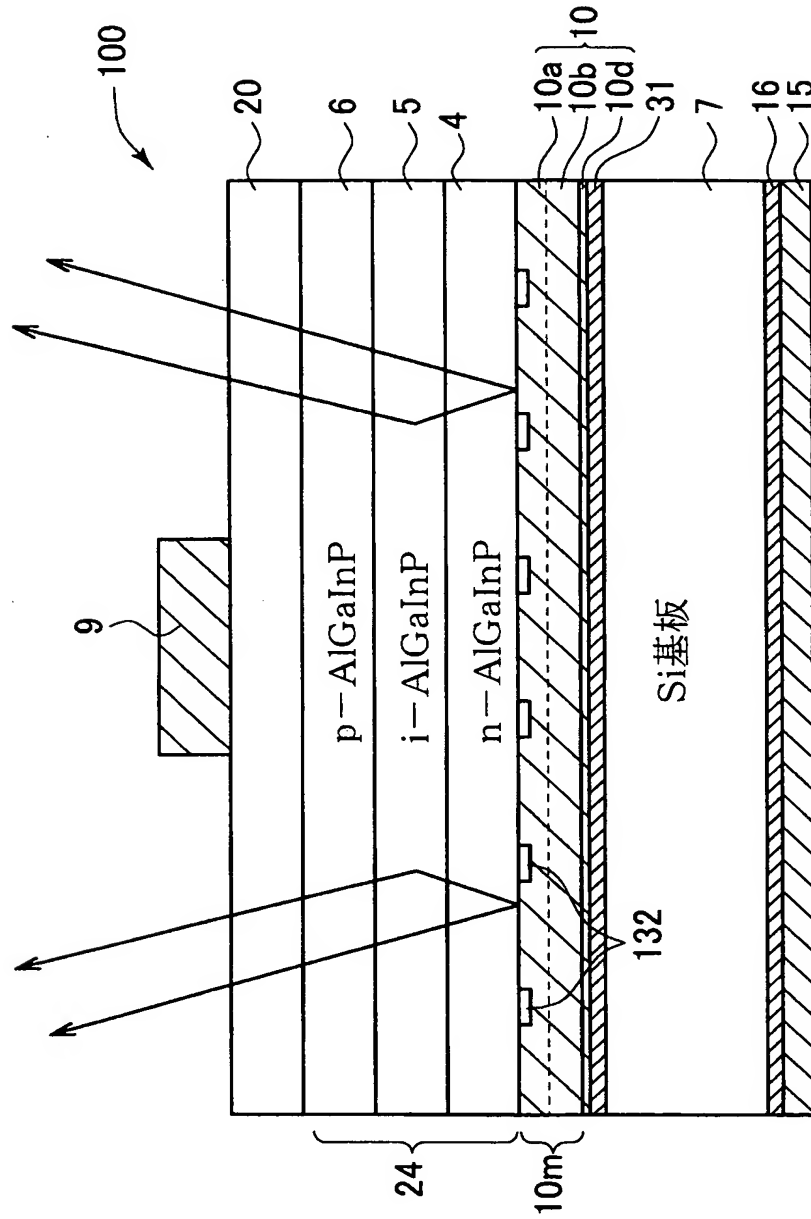
10d Si拡散阻止層

10m 主金属層

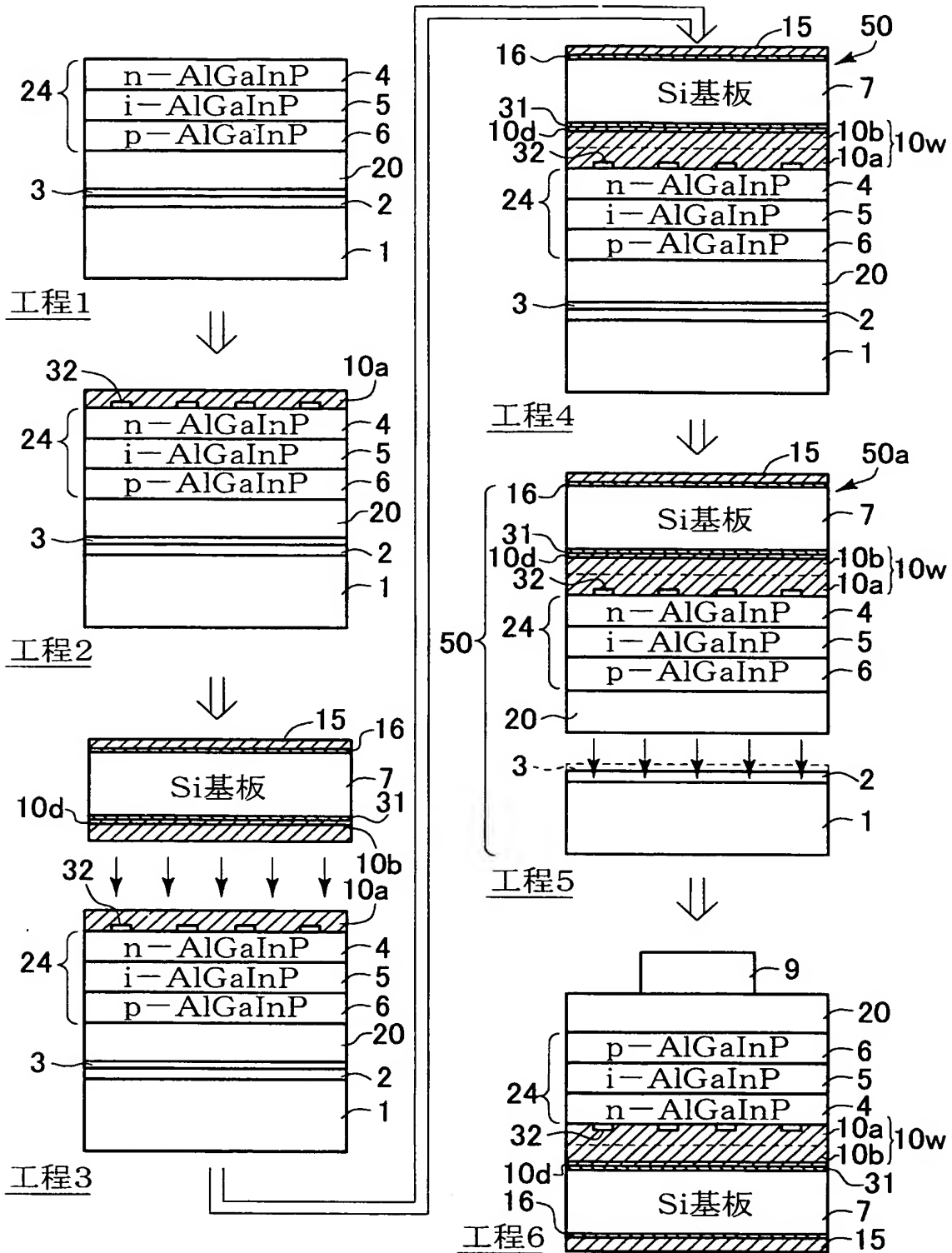
24 発光層部

100, 200, 300, 400 発光素子

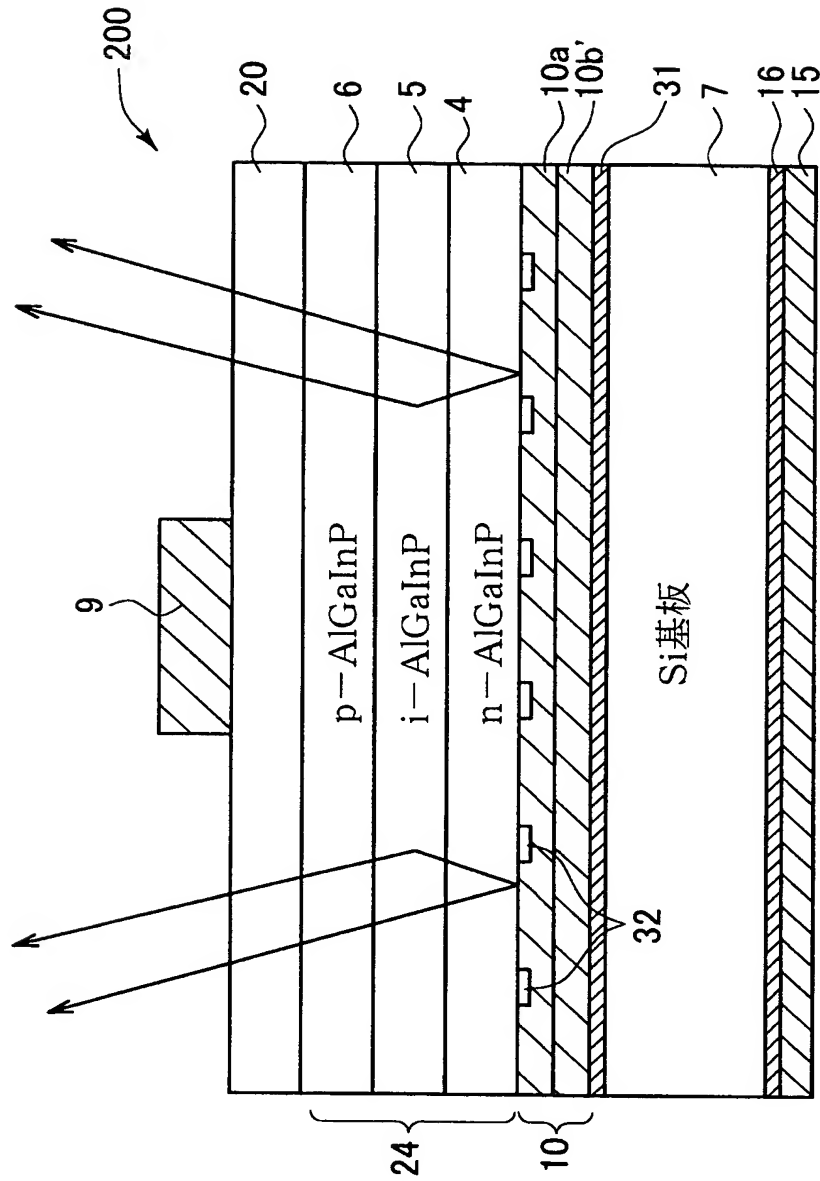
【書類名】 図面
【図 1】



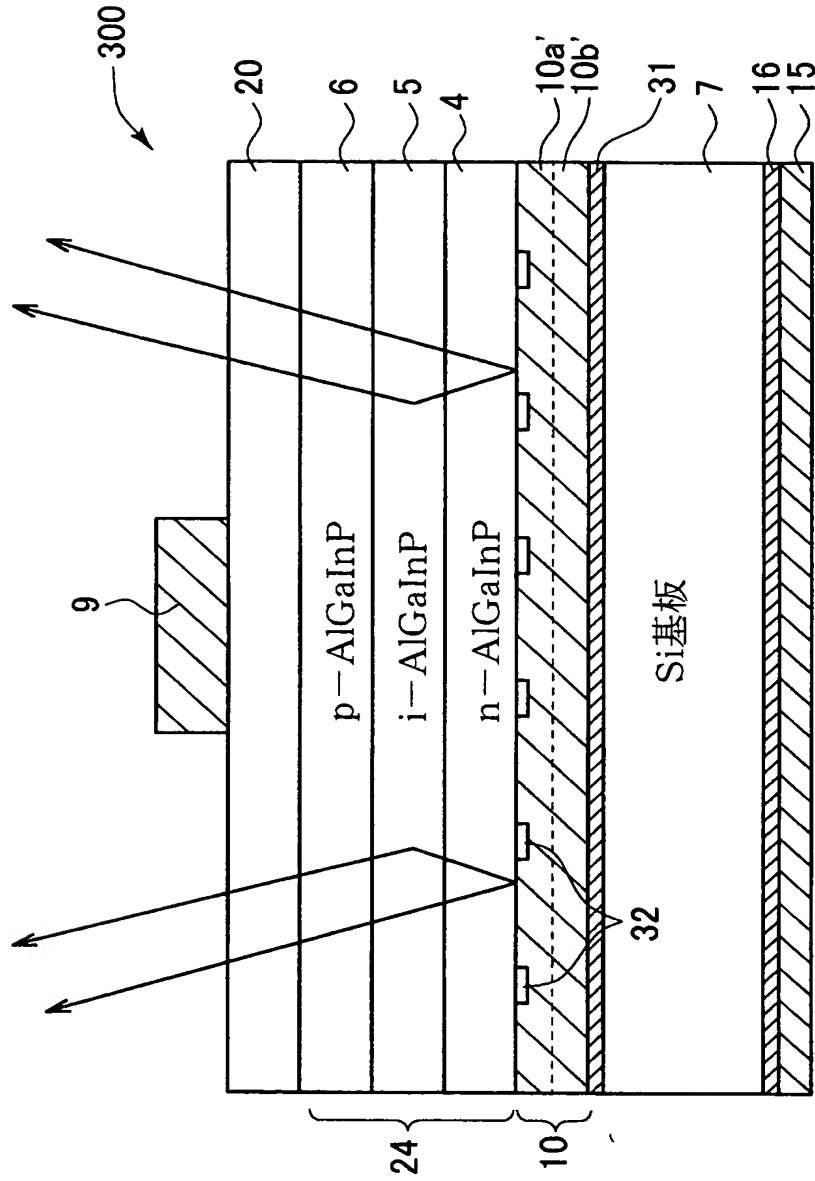
【図 2】



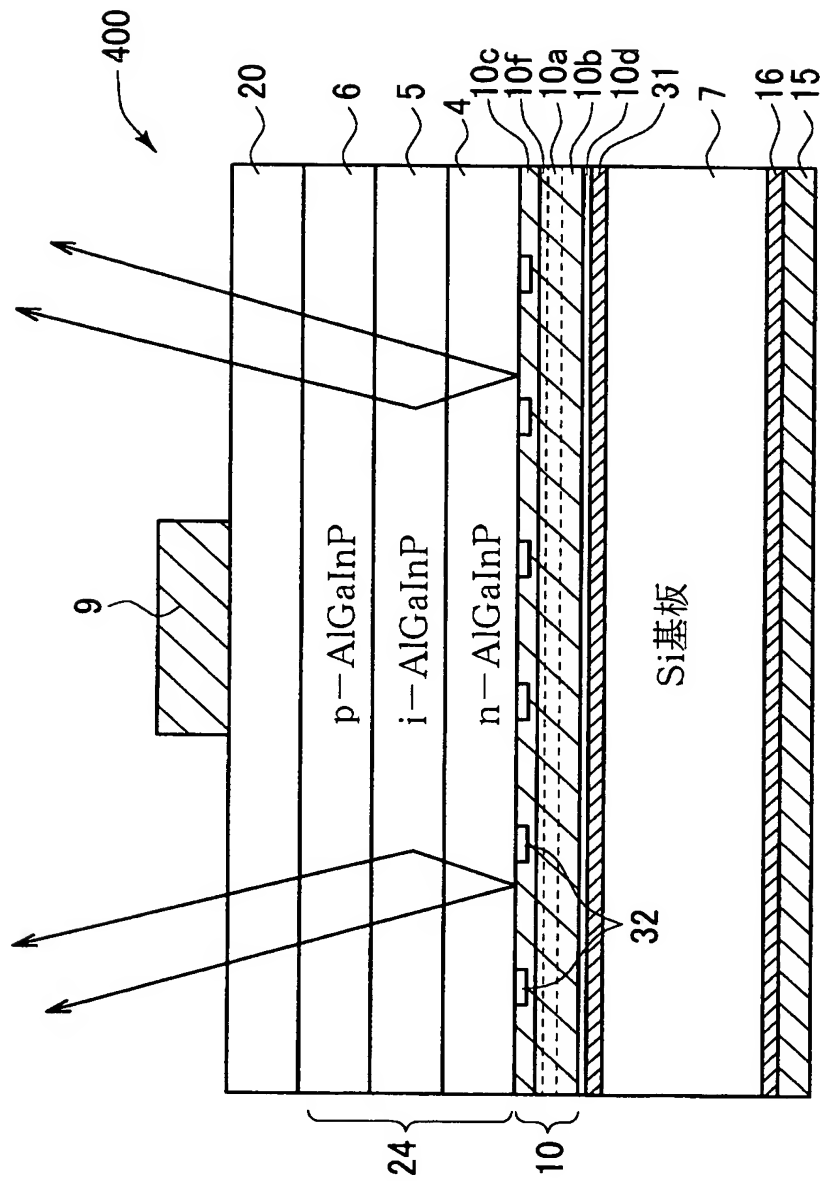
【図 3】



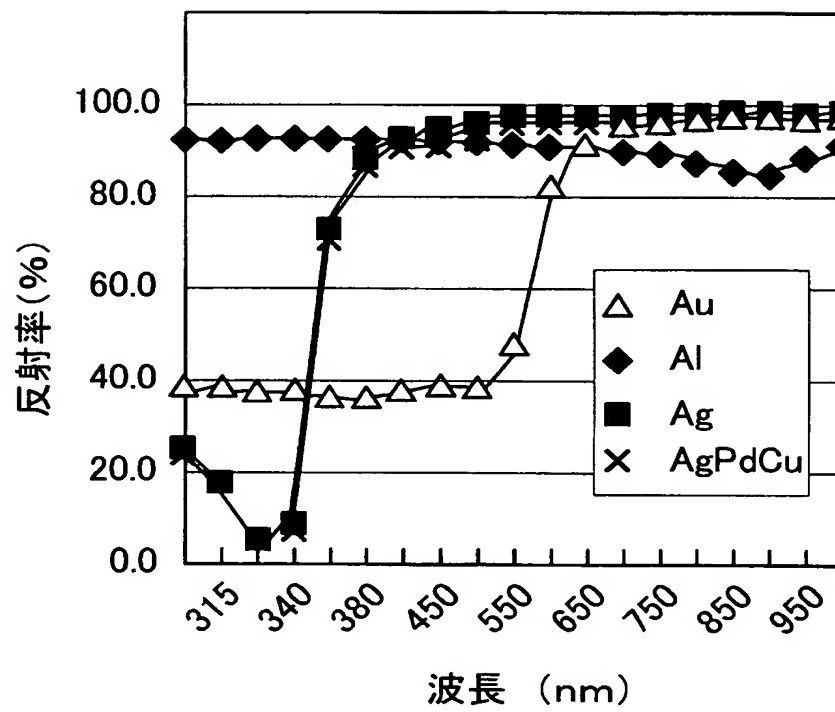
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 金属層を介して発光層部と Si 基板とを貼り合せた構造を有し、かつ、貼り合せ強度や反射率の低下などが生じにくい発光素子を提供する。

【解決手段】 発光層部 24 を有した化合物半導体層の第一主表面を光取出面とし、該化合物半導体層の第二主表面側に金属層 10 を介して Si 基板 7 が結合され、該金属層 10 の化合物半導体層との接合面が反射面を形成する。そして、金属層 10 が、Si 基板からの Si が反射面に拡散により沸きあがることを阻止するための、Sn、Pb、In 及び Ga の 1 種又は 2 種以上からなる Si 拡散阻止成分を含有した Au 又は Ag を主成分とする Si 拡散阻止金属層 10 d を有する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 0 7 0 4 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 9 0 1 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番 2 号

氏 名

信越半導体株式会社